

1. FINALITA',
APPLICAZIONI,
RAFFRONTI FRA LE
VARIE TECNOLOGIE
DI COMUNE IMPIEGO.
CONSIDERAZIONI.

Il concetto fondamentale, comune a tutte le differenti procedure inerenti la tecnologia jet grouting, è quello di ottenere zone di terreno consolidato, rimescolando il medesimo in situ con la sola aggiunta di un legante (solitamente cemento).

Il principio innovativo della tecnologia consiste nell'ottenere il rimescolamento del terreno agendo su di esso con la sola energia d'urto della miscela legante iniettata, senza ausilio di alcuna altra azione meccanica.

La miscela legante pertanto viene pompata nel terreno ad alta pressione (700 bar ed oltre) ed agisce fuoriuscendo da uno o più ugelli calibrati posti nella parte inferiore della batteria di aste e posizionate secondo assi normali all'asse di perforazione.

La forma più comune di applicazione del jet grouting è di effettuare il trattamento mediante formazione di colonne consolidate il cui diametro è influenzato, oltre che dalla natura del terreno, dai parametri elencati di seguito.

Tuttavia un adeguato studio della disposizione degli ugelli, unitamente ad accorgimenti nell'estrazione delle aste consentono la realizzazione di zone trattate a forma parallelepipedica anziché cilindrica, oppure composta, ma sempre ad andamento lineare.

La combinazione di varie forme può consentire la realizzazione di trattamenti misti.

2. PARAMETRI DI
APPLICAZIONE

I parametri che concorrono a determinare la massa di terreno trattato sono le seguenti:

- caratteristiche del terreno (angolo di attrito interno, densità, coesione, permeabilità, moti di acqua, ecc.).
- caratteristiche della pompa di iniezione (portata e pressioni reali raggiungibili).
- caratteristiche della miscela (densità e tipo di legante)
- tempi di insistenza del trattamento
- velocità di rotazione della batteria di aste in iniezione.

Essendo tutti i parametri di cui sopra delle variabili, l'ottenimento del risultato voluto è subordinato al bilanciamento di dette variabili.

Ne deriva che, pur esistendo affinità fra i terreni, anche solo per quanto concerne la composizione e/o la natura, non esistono canoni assoluti di trattamento ma praticamente ogni lavoro fa storia a sé e quindi ogni volta la procedura dovrà essere verificata sul cantiere, adottando come riferimento parametri impiegati in circostanze analoghe.

Non esistono nemmeno calcoli matematici in grado di determinare a priori l'esito di un trattamento jet grouting.

La sola esperienza pertanto è oggi di estrema importanza nell'applicazione di detta tecnologia.

Anche la resistenza a compressione del terreno trattato è difficilmente prevedibile, specie in terreni argillosi o limosi; tuttavia non è infrequente ottenere, in sabbie e/o ghiaie pulite, provini con esiti a compressione superiori a 150 Kg/cmq.

3. TECNOLOGIE

La più semplice e diffusa comporta l'impiego di una batteria di aste a passaggio assiale, (S.1) all'interno della quale viene pompata la miscela legante ad alta pressione; costretta a fuoriuscire dagli ugelli mentre la batteria stessa viene recuperata e ruotata secondo i parametri prescelti.

Questa metodologia consente tempi di trattamento brevi (da 2 a 6 minuti al ml.), ottenendo colonne consolidate di diametro variante da 30 a 80 centimetri circa.

Lo sfrido di miscela iniettata è molto contenuto (7/8 %) ed il terreno attiguo nelle zone trattate non subisce variazioni apprezzabili, salvo un leggero addensamento.

Un secondo sistema di trattamento (S.4) prevede l'adozione di aste con 3 passaggi interni (uno assiale e due anulari), attraverso i quali si pompano nel terreno acqua, aria compressa e miscela legante.

L'acqua viene pompata attraverso un ugello, ad alta pressione (700 bar e oltre), ed il getto della medesima è inguainato dall'aria (a 8/12 bar) avente il compito di aumentare il raggio d'azione della massa di acqua.

La miscela legante viene iniettata al di sotto del getto acqua/aria a bassa pressione (50/100 bar).

I tempi di trattamento sono molto lunghi (da 12 a 30 minuti al ml.) e lo sfrido di miscela è valutabile in circa il 30 %.

I tempi lunghi consentono di avviare un flusso di materiale tagliato dal getto acqua/aria verso la superficie, mentre la miscela legante, molto densa, riempie i vuoti formati.

A questo modo è possibile ottenere dei diametri trattati da 80 a 250 centimetri.

Per la realizzazione del trattamento occorrono due pompe a pistoncini una per l'acqua, ad alta pressione, una per la miscela a bassa pressione, ed inoltre occorre un compressore per aria da 12000 litri/min.

Il terreno adiacente le zone trattate subisce un lieve alleggerimento.

Una terza possibilità di trattamento (S.2-3) è costituita da un metodo che prevede l'uso di aste di perforazione ed iniezione a due passaggi (uno assiale ed uno anulare), per mezzo dei quali si possono pompare nel terreno acqua e miscela legante, ambedue ad alta pressione (700 bar ed oltre).

L'acqua viene iniettata superiormente rispetto alla miscela ed ha il compito di tagliare e rimescolare una prima sezione di terreno più prossima all'asse di perforazione, mentre la miscela agisce nel terreno su un raggio di azione più ampio, in virtù della maggiore densità, e successivamente lo stabilizza.

I tempi di trattamento vanno da 4 a 12 minuti al ml. mentre i diametri oscillano fra 70 e 180 centimetri.

Lo sfrido di miscela iniettabile è valutabile in circa il 10 %.

Il terreno attiguo alle zone trattate subisce un addensamento senza tuttavia provocare apparenti fenomeni di deformazioni superficiali.

L'applicazione della tecnologia necessita dell'impiego di due pompe ad alta pressione per acqua e miscela.

La tecnologia che prevede l'impiego di aste ad unico passaggio è la più semplice da realizzare, sufficientemente economica, dalle rese non eccelse ma più che accettabili, in rapporto ai costi, e perciò è oggi la più diffusa.

La tecnologia con aste a tripla adduzione è molto adatta là dove sia necessario realizzare grandi diametri trattati e resistenze elevate, tollerando però i tempi di intervallo piuttosto lunghi e costi elevati.

La tecnologia ad aste a doppia adduzione è particolarmente adatta in quelle opere in cui sia richiesta una buona garanzia sull'esito del trattamento, diametri elevati, ma senza gravare il lavoro di costi eccessivi.

Se ben sfruttata questa tecnologia può dimostrarsi economicamente equivalente a quella con aste a semplice adduzione; ed in alcuni casi anche la più economica.

Le operazioni previste da questa tecnologia si articolano essenzialmente in due fasi:

1'FASE- fase di andata o di perforazione: inserimento, con perforazione a rotazione, di una batteria di aste nel terreno sino alla profondità di trattamento richiesta dal progetto. L'estremità inferiore della batteria è munita di una testa di perforazione e di una particolare valvola eiettrice che porta uno o più ugelli ortogonali all'asse della batteria.

2' FASE-fase di ritorno o di estrazione e contemporanea iniezione: l'iniezione della miscela a pressione elevatissima avviene durante la fase di estrazione della batteria. E' in questa fase che mediante l'insistenza del getto in una certa direzione per un certo intervallo di tempo, effetto ottenibile agendo sulla velocità di estrazione e di eventuale rotazione della batteria di aste, è possibile ottenere volumi di terreno trattato della forma e della dimensioni desiderate.

- | | |
|---|---|
| 3.1 EFFETTO DELLA INIEZIONE | La proiezione delle miscele leganti ad altissima velocità attraverso gli ugelli per effetto delle forti pressioni in gioco agisce come un corpo rigido, taglia il terreno distruggendo la resistenza meccanica naturale, lo rimescola e, conferendogli un nuovo assetto strumentale, lo cementa. |
| 3.2 RAGGIO DI AZIONE | Il raggio d'azione Ra del getto risulta funzione della pressione di iniezione (p), del tempo di iniezione (t) e della resistenza al taglio del terreno in posto. |
| 3.3 PRESSIONE DI INIEZIONE | La pressione di iniezione, che viene generata da una speciale pompa ad alta potenzialità, può variare da 150 a 600 atm. a seconda della necessità. |
| 3.4 TEMPO DI INIEZIONE | Il tempo di iniezione (l'insistenza del getto in una certa direzione) per una data sezione, viene rilevato automaticamente, secondo necessità, agendo su velocità di estrazione e di rotazione della batteria di aste. |
| 3.5 RESISTENZA AL TAGLIO DEL TERRENO NATURALE | La resistenza al taglio del terreno naturale in posto condiziona la scelta dei valori delle pressioni e dei tempi di iniezione da adottare in fase di consolidamento. |
| 3.6 RESISTENZA AL TAGLIO DEL TERRENO CONSOLIDATO | Per la resistenza al taglio del terreno consolidato si distinguono due aspetti:
a-l'effetto diretto dall'incremento della resistenza al taglio del terreno trattato che, dopo essere stato mescolato e ricementato dalle miscele iniettate, presenta un notevole miglioramento delle caratteristiche meccaniche;
b-l'effetto indiretto prodotto dal confinamento che i volumi trattati conferiscono al terreno naturale ad essi adiacente. Sotto l'effetto di carichi esterni questo contenimento si traduce in un aumento di resistenza d'insieme. |
| 3.7 PRESSIONI INTERSTIZIALI | L'esecuzione di questo trattamento non influenza la pressione interstiziale all'esterno della zona consolidata; infatti, pur operando ad altissima pressione la metodologia d'iniezione determina incrementi di pressione nel solo interno del volume trattato, al contrario di quanto succede con le iniezioni tradizionali. |
| 3.8 ASSENZA DI EFFETTI COLLATERALI NOCIVI ALLA STABILITA' DI STRUTTURE PREESISTENTI | Il getto a forte pressione produce un mescolamento del terreno ed un "claquage" continuo e sistematico con solo effetto locale all'interno del Ra senza che si manifestino fenomeni deformativi in superficie con conseguenza negativa sulla stabilità delle costruzioni limitrofe. |

4. CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MECCANICHE DELLE COLONNE

Per ciò che si attiene quindi le dimensioni trasversali delle colonne che si possono realizzare con i sistemi "jet" riportiamo i diametri ottenibili in funzione delle caratteristiche dei terreni e delle pressioni di iniezione:

- S 1: diam. min. 300 mm. max. 800 mm.
- S 2-3: diam. min. 600 mm. max. 1800 mm.
- S 4: diam: min. 800 mm. max. 2500 mm.

Riguardo le resistenze meccaniche ottenibili, si ottengono resistenze più elevate in presenza di terreni con prevalenza di ghiaia e ciottoli, mentre in terreni a granulometria più uniforme i risultati dei due sistemi sono in genere dello stesso ordine.

Di seguito si indicano alcune fasce di variabilità delle resistenze a compressione su campioni cilindrici:

Argille, limi sabbiosi	10-30 Kg/cmq
Limi, sabbie	30-90 Kg/cmq
Sabbie e ghiaia	50-150 Kg/cmq







5. CAMPI DI APPLICAZIONE

L'elevata flessibilità insita in questa tecnologia, rende possibile il loro uso in molteplici applicazioni.

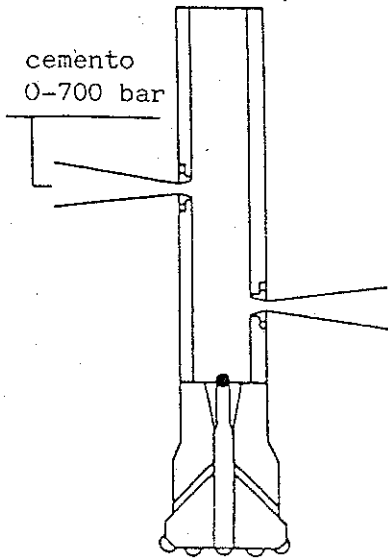
Nel seguito si elencano alcune delle applicazioni più classiche:

- bonifica di terreni soffici destinati a supporto di rilevati;
- applicazioni per coadiuvare il funzionamento di opere di sostegno mediante stabilizzazione a monte e/o a valle della opera stessa;
- tamponi di fondo per prevenire sollevamenti e/o sifonamenti in trincee profonde;
- stabilizzazione di volte in particolar modo per gallerie di servizio;
- formazione di bulbi per tiranti;
- creazione di paratie impermeabili;
- consolidamento per esecuzione di pozzi;
- consolidamento di fondazioni di opere in fase di ristrutturazione.

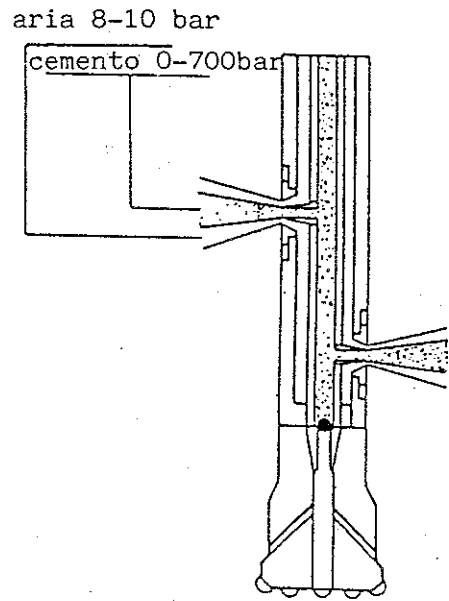
IES JET SYSTEM

TIPOLOGIA	ASTE DI PERFORAZIONE	FLUIDI		
		CEMENTO	ARIA	ACQUA
IES S 1	SINGOLO		...	
IES S 2	DOPPIO		...	
IES S 3	DOPPIO			
IES S 4	TRIPLO			

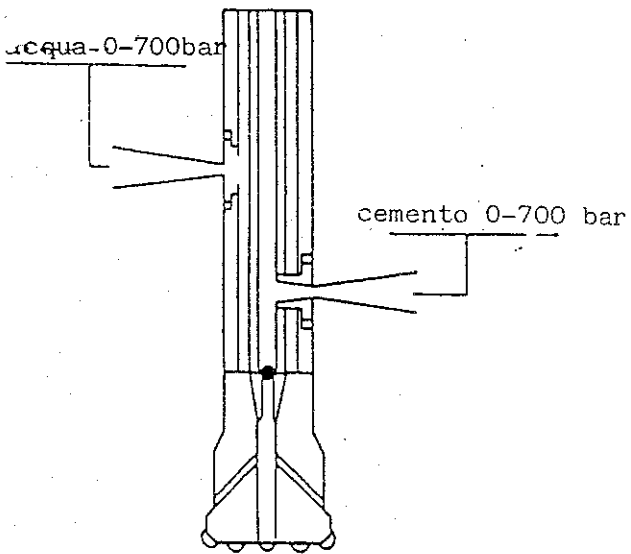
S1



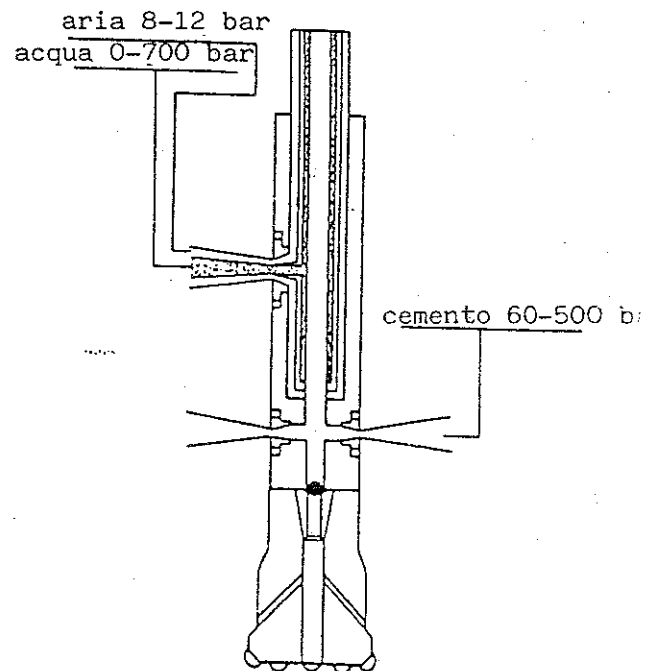
S2



S3

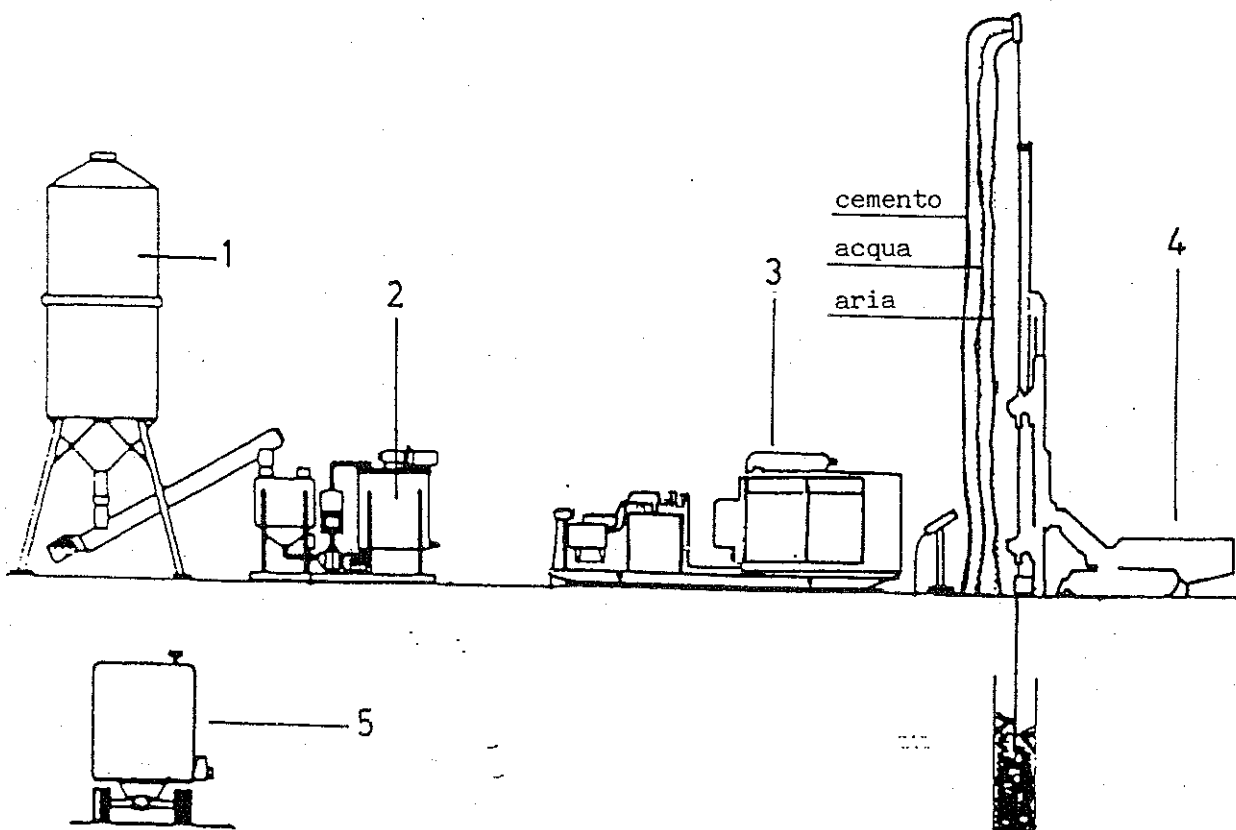


S4

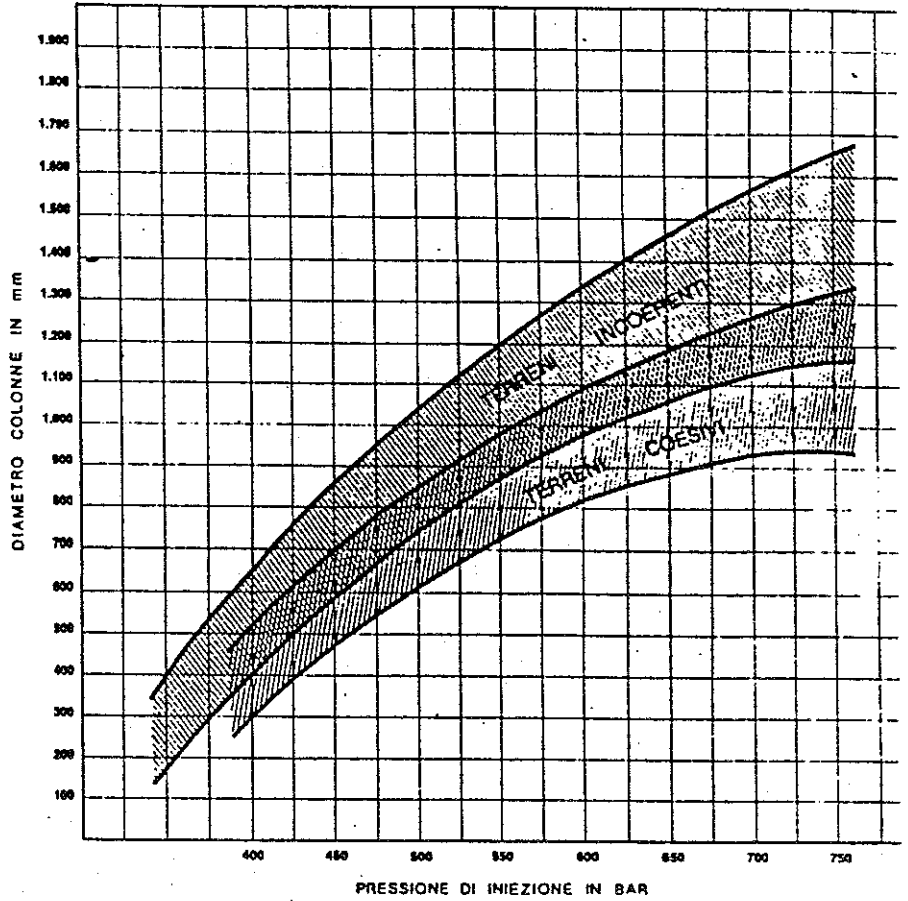


IMPIANTO PER JET GROUTING

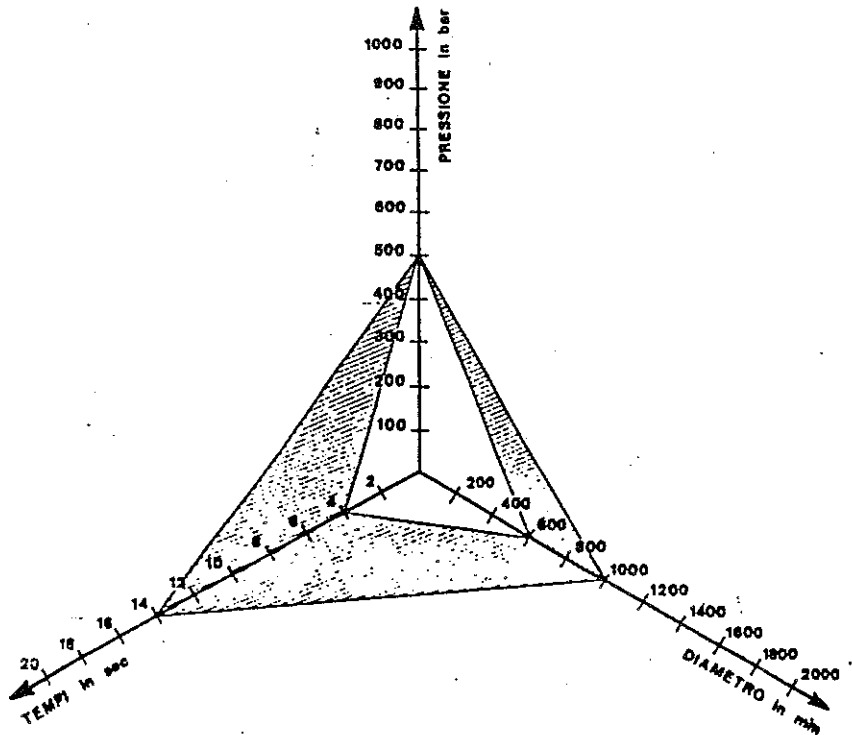
- 1- SILOS
- 2- MISCELATORE
- 3- POMPA ALTA PRESSIONE
- 4- PERFORATRICE
- 5- COMPRESSORE D'ARIA



DATI MEDI RICAVATI DA
LAVORAZIONI ESEGUITE
IN CANTIERE.

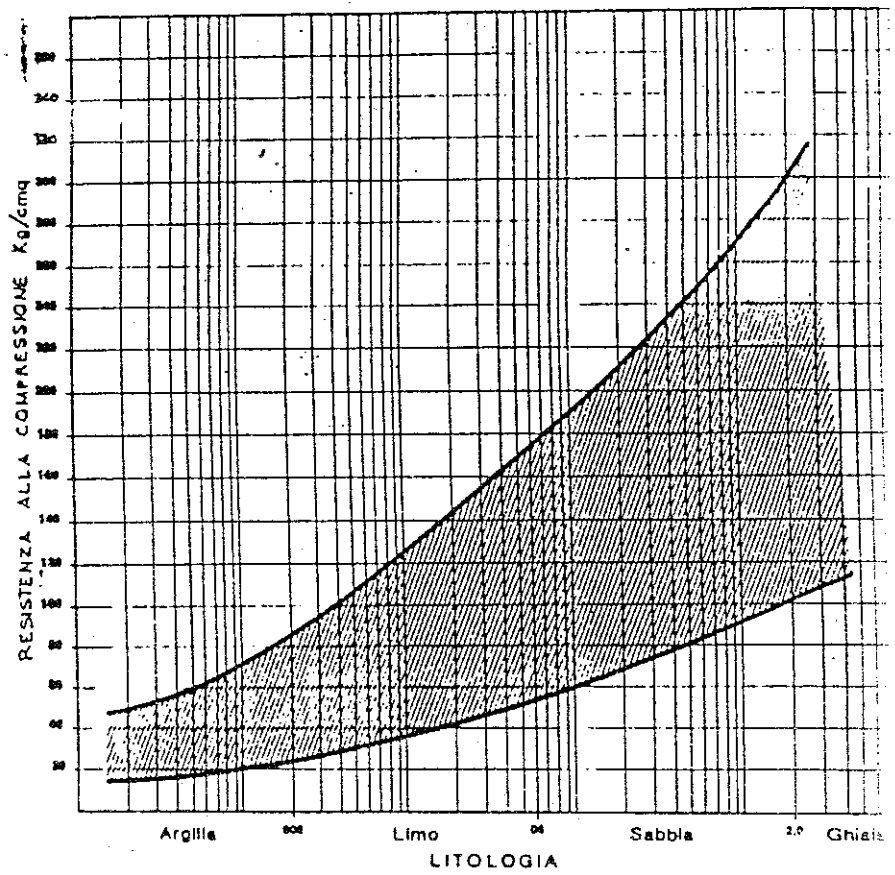


RELAZIONE TRA PRESSIONE DI INIEZIONE E DIAMETRI OTTENIBILI

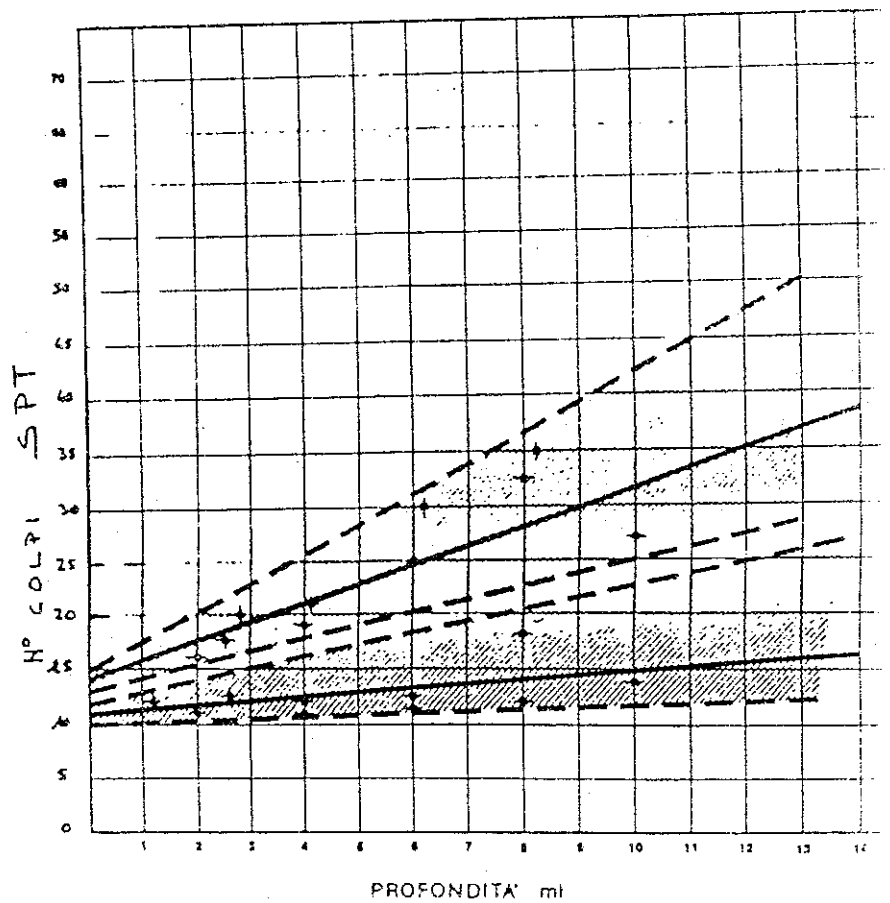


RELAZIONE TRA PRESSIONE, TEMPI D'INIEZIONE E DIAMETRI OTTENIBILI

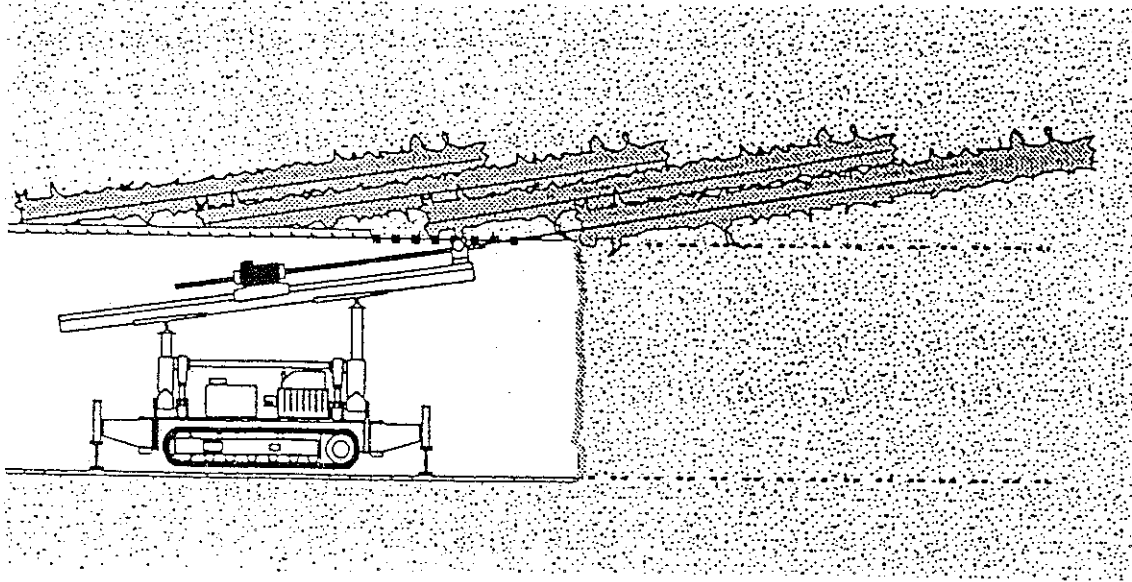
RESISTENZA ALLA
 COMPRESSIONE IN
 FUNZIONE DEL TIPO
 DI TERRENO TRATTATO



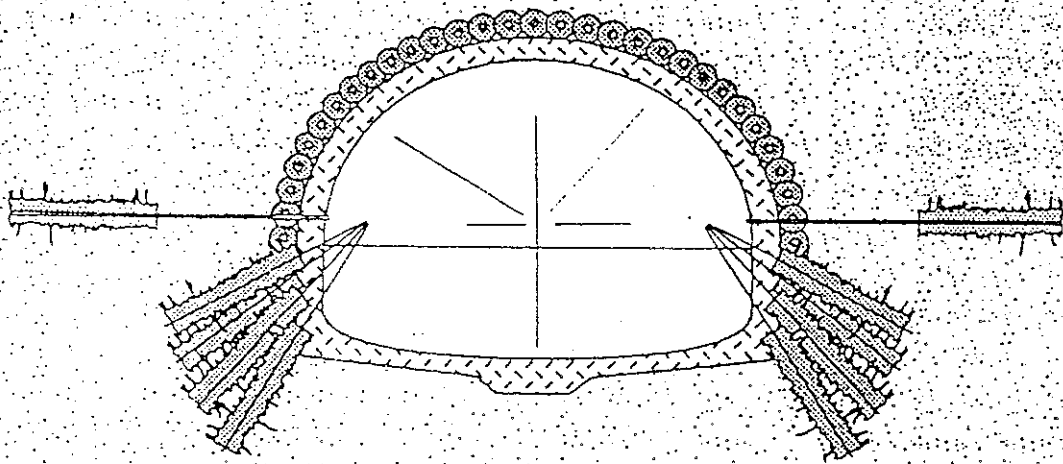
INCREMENTO DI N (SPT)
 IN TERRENO CONFINATO
 DA COLONNE



ESEMPI DI APPLICAZIONE

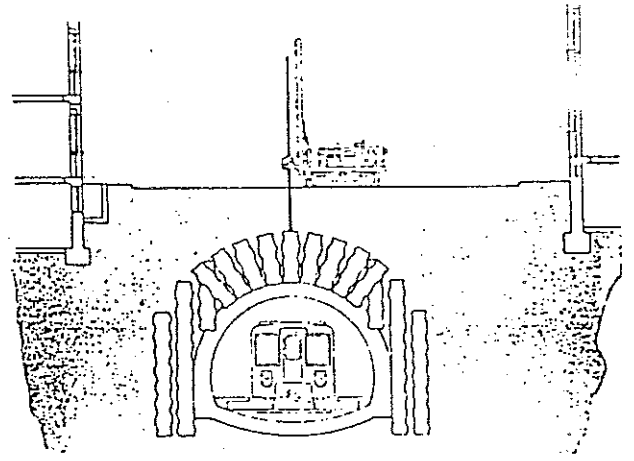
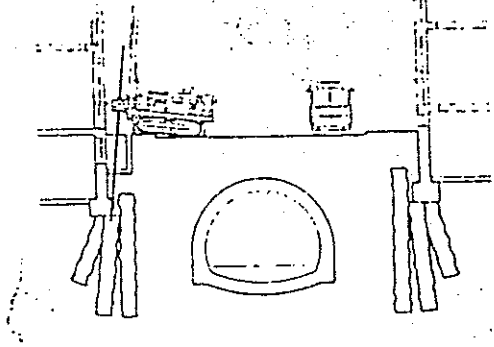


INFILAGGI

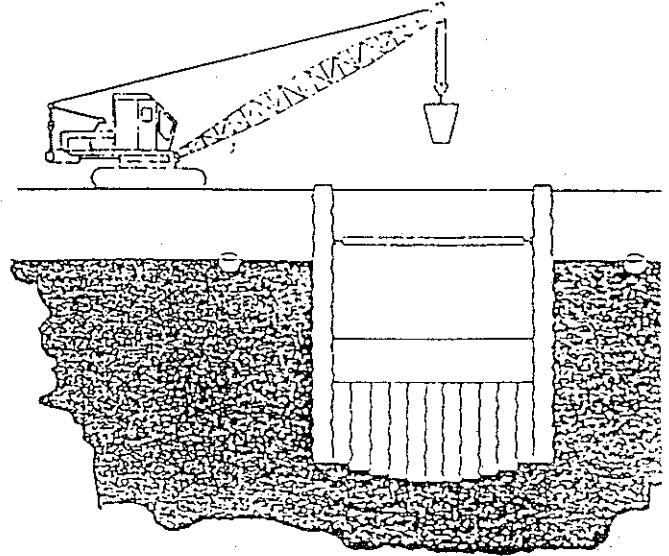
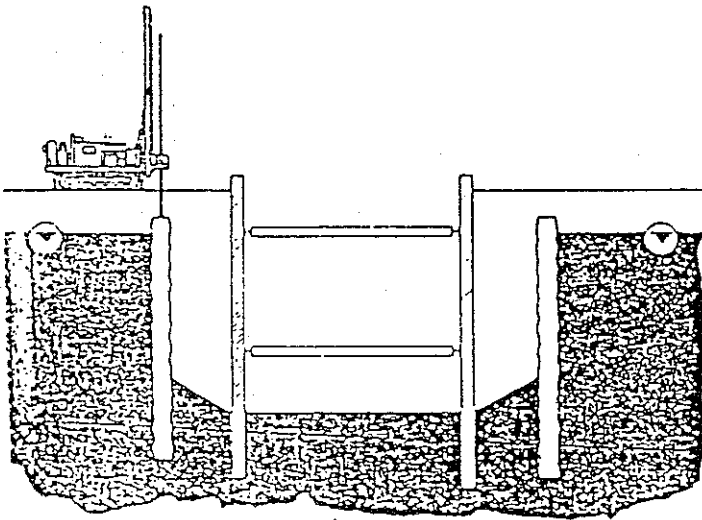


TIRANTI E CONSOLIDAMENTI IN GALLERIA

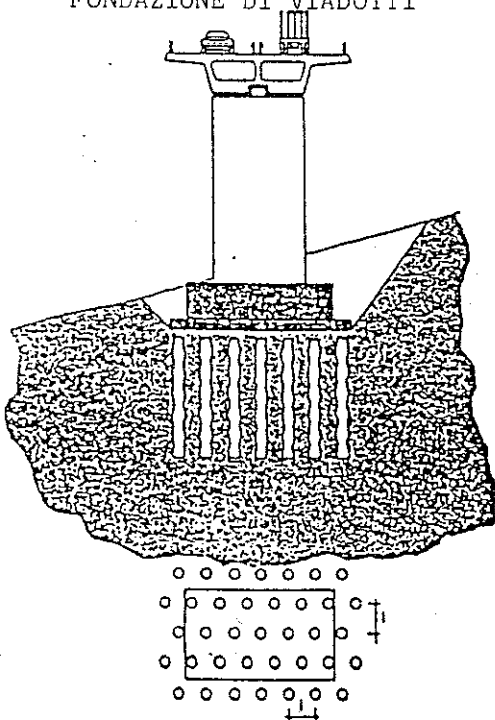
CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO PER LO
SCÀVO DI GALLERIE CORTICALI



DIAFRAMMI DI IMPERMEABILIZZAZIONE

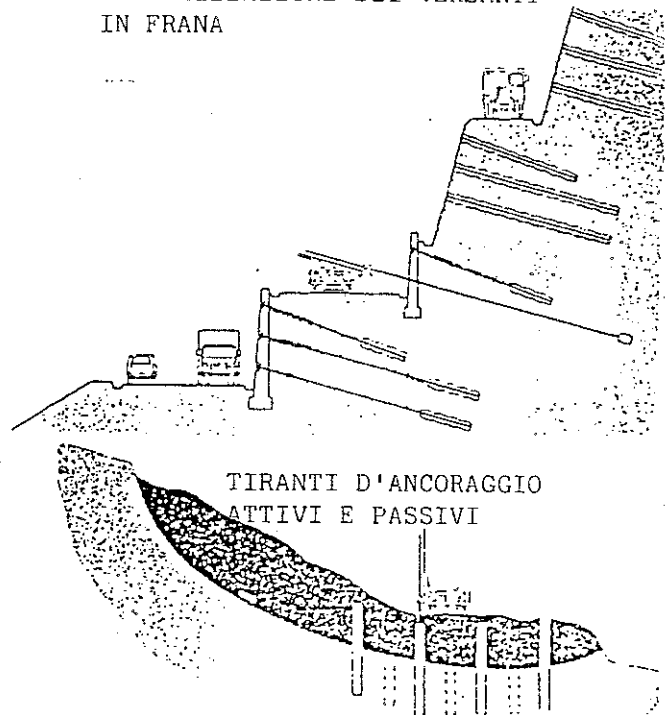


CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO DI
FONDAZIONE DI VIADOTTI

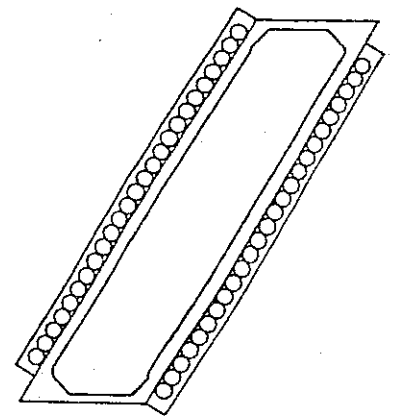
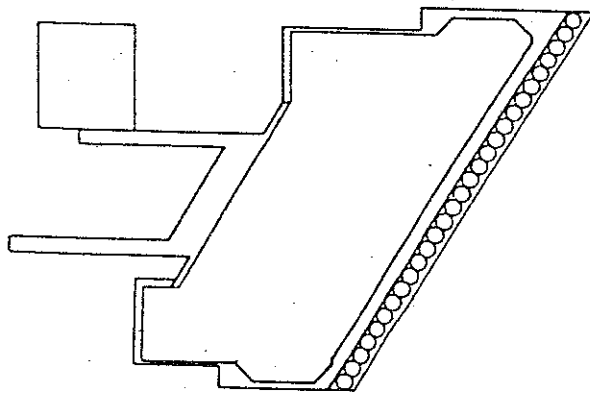
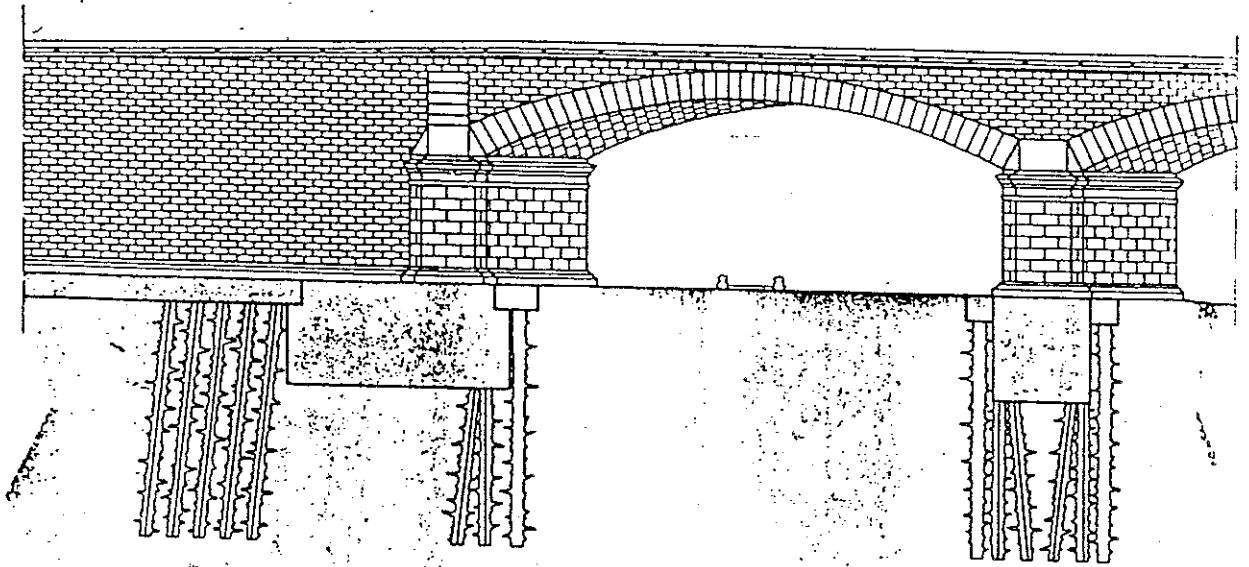


SCHEMA PLANIMETRICO DELLE COLONNE
DI TERRENO CONSOLIDATO

STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI
IN FRANA



TIRANTI D'ANCORAGGIO
ATTIVI E PASSIVI



SEZIONE E SCHEMA PLANIMETRICO DELL'INTERVENTO
DI CONSOLIDAMENTO